

筆記試験（物 理）

令和7年11月22日（土） 10:50 ~ 11:50

注 意

1. 問題は全部で2題（1, 2）あります。全問題に答えなさい。
2. 解答用紙は1題につき1枚ずつ計2枚あります。
各解答用紙の所定の欄に解答する問題番号を記入しなさい。
なお、解答用紙の点線より上側に解答を書いてはいけません。
3. 解答用紙の表側だけで足りない場合は裏側も使用してよいが、
点線より下側に解答を記入しなさい。
解答用紙の裏側を使用する場合は表側にその旨記すこと。
4. 各解答用紙の所定の欄に受験番号を記入しなさい。
5. 問題冊子、解答用紙はすべて持ち出してはいけません。

1

図1に示すように2つのシリンダ（半径: r_1, r_2 , $r_1 < r_2$ ）が接続され、液体で満たされた容器がある。それぞれのシリンダには半径 r_1 のピストンAと半径 r_2 のピストンBが封入されて液面に接している。ピストンBには、ばね定数 k のばねが自然長で接続され、反対側は固定されている。ばねの質量は無視できるものとする。また、液体は圧力損失が無いものとする。ピストンの厚み、摩擦、質量は無視できるものとする。図中の移動量 x, x' に関する値は正とする。以下の問に答えなさい。

- (1) ピストンAを F_1 の力で下向きに押したとき、ばねが自然長から移動量 x だけ縮みピストンBが静止した。このとき、ばねに加わった力の大きさを F_2 として、 F_1 と F_2 の関係を求めなさい。
- (2) F_1 の大きさを r_1, r_2, x, k を用いて求めなさい。
- (3) ばねを x だけ縮めるために必要なピストンAの移動量 x' を r_1, r_2, x を用いて求めなさい。
- (4) F_1 と x' の関係および F_2 と x の関係を示すグラフの概形を図示しなさい。ただし、縦軸を力の大きさ F 、横軸をピストンの移動量 d としなさい。
- (5) 問(4)のグラフを参考に、ピストンAを力 F_1 で移動量 x' まで押し込むために必要な仕事を r_1, r_2, x, k から必要なものを用いて求めなさい。

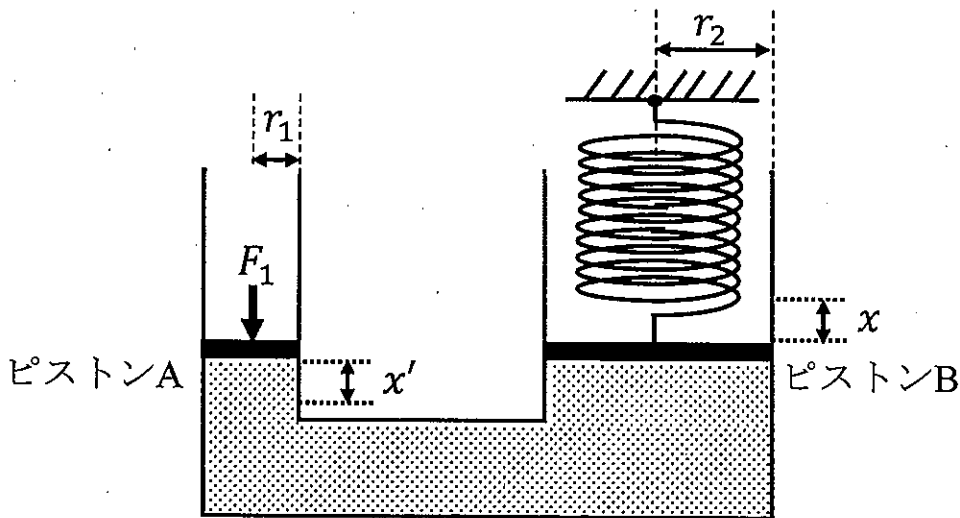


図1

2

一様な磁束密度 B の磁場がかかった空間において、質量 m 、電気量 $-e$ ($e > 0$) の電子が磁場に垂直な方向に速さ v で半径 R の等速円運動をしているとする。ただし、電子に働く重力の影響は無視できるものとする。

- (1) 電子に働くローレンツ力の大きさを求めなさい。
- (2) 電子の円運動の周期を求めなさい。
- (3) 電子の運動量の大きさを e , R , B を用いて答えなさい。

さらに、この電子の運動を、図2に示すように、半径 R の単巻円形の仮想的なコイルの内部で電子が円運動している状況として考える。このとき、電子の円運動軌道の内側の磁束密度 B_1 および円運動軌道上の磁束密度 B_2 を調整して、電子を加速させることを考える。ただし、 B_1 と B_2 は、ともに均一で、同方向を向いているものとする。また、仮想コイルの抵抗、自己誘導、渦電流の影響は無視できるものとする。

- (4) 短い時間 Δt の間に、 B_1 を ΔB_1 だけ増加させたとき、仮想コイルに誘導される起電力の大きさを R , ΔB_1 , Δt を用いて答えなさい。
- (5) 問(4)の誘導起電力により電子が受ける力の大きさを求めなさい。
- (6) 問(5)の力により電子は加速されて、運動量が増加するので、電子の円運動の半径 R を一定に保つためには、 B_2 を調整する必要がある。時間 Δt の間に B_1 が ΔB_1 だけ増加したとき、 B_2 を ΔB_2 だけ変化させたとする。このとき、電子が半径 R の円運動を維持するための ΔB_1 と ΔB_2 の関係を求めなさい。
- (7) 問(6)における Δt 後の電子の速さを e , m , R , B_2 , ΔB_1 を用いて答えなさい。

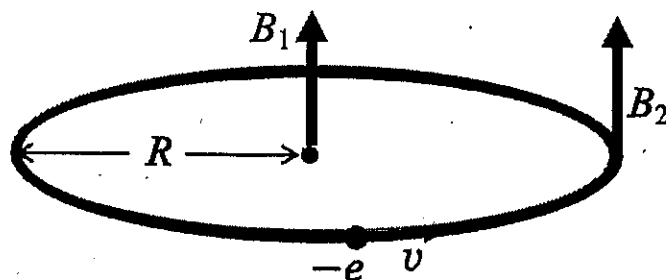


図2